Der innere Aufbau und die Größenveränderungen des Zahnes.

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität

zu Bonn.

vorgelegt am 15. Februar 1937

von

Reinhold Dorlöchter

Zahnarzt aus Gelsenkirchen.

BONN 1937

Druckerei J. Duckwitz, Bonn, Maargasse 4

Gedruckt mit Genehmigung
der med. Fakultät der Universität Bonn

Referent: Professor Dr. Balters

Korreferenten:

Professor Dr. Proell

Professor Dr. Wagenseil

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Der innere Aufbau und die Größenveränderungen des Zahnes.

Ueber die Zahnform und ihre Veränderung ist bisher schon häufig geschrieben und gestritten worden. Meist stand aber im Vordergrund der Betrachtung nur die Zahnkrone, da die Wurzel, im Kiefer versteckt, dem Blick nicht ohne weiteres zu gänglich ist. Der Ansicht weiter Kreise entsprach es, der Krone, ihren Höckern und Fissuren, ihrer Größe und Form die weit größere Bedeutung und Erhaltungswürdigkeit beizumessen. Die Suche nach den Gründen und letzten Ursachen der „Alveolarpyorrhoe" — dieses Wort im übergeordneten Sinne aller Erkrankungen des Parodontiums gebraucht, — die verschiedenen Lehren und Ansichten über dieses Krankheitsbild rückten seit einem Jahrzehnt auch die Wurzel des Zahnes und das Parodontium in den Kreis der Betrachtung. Meine Aufgabe soll es sein, mit den Größenschwankungen der Zahnform auch die Formveränderungen der Zahnwurzel zu erfassen und zu deuten. Dies geschah auf literarischem Wege, auf Grund eigener Erfahrungen, die ich während mehrere Jahre in der elterlichen Praxis sammelte, und durch Studien an Leichenmaterial.

Obwohl die Stammesgeschichte des Menschen uns noch über viele Punkte im Unklaren läßt, so hat sie durch Funde von Körperteilen, insbesondere von Schädeln, Kiefern und Zähnen prähistorischer Menschen manche Brücke zwischen anscheinend großen Differenzen schlagen lassen. Die Zähne besonders scheinen in erster Linie dazu bestimmt zu sein, eine Hauptstütze der Phylogenie zu werden, da sie bekanntlich die dauerhaftesten Gebilde des menschlichen und tierischen Körpers darstellen. Der Zahn ist zudem das kleinste Organ mit ausgeprägten Formen. Aus dem Funde eines einzelnen Zahnes vermögen die Paläontologen auf längst ausgestorbene Tierarten zurückschließen. Auf Grund dieser Beständigkeit des Zahnes, seine Form zu erhalten, schreibt Adloff:

„Das Gebiß des fossilen Menschen vom jüngsten bis zum ältesten Diluvium ist trotz mannigfacher Abweichungen der üb-

rigen Skelettreste ein absolut menschliches Gebiß. Das Gebiß ist also ein konstanteres Merkmal als der sonstige Schädel und hat an den phylogenetischen Umformungen nicht in dem Grade teilgenommen. Die Konstanz des Gebisses durch ungeheuere Zeiträume ist sehr bemerkenswert".

Stammesgeschichtliche und vergleichend-anatomische Untersuchungen haben aber gezeigt, daß der Zustand des heutigen menschlichen Gebisses nicht mehr mit dem der primitiven Rassen und unseren Vorfahren identisch ist, sondern mit dem Fortschreiten der Zivilisation vielen Umbildungen unterworfen ist, sowohl in funktioneller wie in morphologischer Hinsicht. Ursprünglich war die Funktion bestimmend für die Ausgestaltung des Gebisses; dies ist der Fall bei denjenigen Völkern gewesen, die ihr Gebiß als Waffe und als Werkzeug zur Zerkleinerung der Nahrung benutzten. Man kann annehmen, daß bei der Zubereitung unserer heutigen Nahrung, durch Verfeinerung der Küche und durch die technischen Hilfsmittel bei der Nahrungszerkleinerung die „Degeneration" gefördert wurde. Durch die weniger intensive Inanspruchnahme hat sich das Gebiß des Kulturmenschen nun dahin „entwickelt", daß die Funktion des Gebisses im allgemeinen durch die Form der Zähne bestimmt ist. Es ist auch leicht verständlich, daß eine unnatürliche Art der Ernährung sich in ungünstigem Sinne auf das Gebiß auswirken muß; denn bei einem gut funktionierenden Organ müssen Form und Funktion harmonisch aufeinander abgestimmt sein. Eine Anpassung der Form an die Funktion ist aber nur von solchen Organen zu erwarten, welche ausgiebig gebraucht werden.

Die Zahnformen sind das Resultat der funktionellen Kräfte des Kaudrucks.

Mit der Nahrungsaufnahme des Menschen hängt auch sein Schädelbau zusammen und namentlich eine seiner hervorragendsten Eigentümlichkeiten, das Gebiß. Der Säuger — in diese Reihe gehört ja auch zoologisch gesehen der Mensch — zeichnet sich nach Brehm „in der Nahrungsaufnahme vor den übrigen Wirbeltieren dadurch aus, daß er seine Nahrung nicht im Ganzen

oder in wenigen Stücken verschlingt, sondern sie mehr oder weniger sorgfältig zerkleinert, ehe er sie dem Magen übergibt. Das Säugetier (mit wenigen Ausnahmen) kaut seine Nahrung und das prägt sich natürlich im Bau des Schädels aus, in der Verbindung von Hirn- und Gesichtsschädel (Schnabel, Schnauze) und in der Zusammensetzung und Bewegung des Unterkiefers. Nur dieser ist am Säugetierschädel beweglich; alles übrige bildet ein vollkommen festes Ganzes, gegen das eben der Unterkiefer umso kräftiger wirken kann".

Die einzelnen Zahnformen müssen also das Resultat funktioneller Kräfte des Kaudrucks sein. Diese Ansicht wurde schon in den 80er Jahren von dem amerikanischen Paläontologen Cope vertreten. Hiernach sind sämtliche, auch die kompliziertesten Zahnformen, Abänderungen eines einfachen konischen Reptilienzahnes. Es sind im wesentlichen die verschiedenen Kaubewegungen, die rein mechanisch die Entstehung der einzelnen Zahnformen verursachen. „Die Form und Bildung der Wurzeln" entsprechen nach Adloff „den funktionellen Ansprüchen". Auch Cieszinski (Lemberg) schreibt die Gestaltbildung der einzelnen Zahnformen dem Kaudruck zu. „Die Zahnform ist das Resultat seiner funktionellen Kräfte". Ganz besonders muß das auf die Wurzelform zutreffen.

„Die Wurzeloberfläche ist dem Kaudruck proportional. Daher muß an Stellen des stärksten Kaudrucks auch die größte Wurzeloberfläche vorhanden sein, was durch Aufteilung — Gabelung — der Wurzeln erreicht wird. Die Richtung der Wurzeln ist durch den Verlauf der Kraftlinien gegeben. Die Gabelung im transversalen Durchmesser wird durch die Lateralbewegung des Unterkiefers bedingt".

Beziehen wir diese Ausführungen einmal auf das Gebiß des heutigen Menschen und auf den wichtigsten Zahn aus diesem, den ersten Molaren. Beide Zähne stehen im Idealgebiß etwas geneigt zueinander. Dadurch entstehen beim Höckerzahn je zwei Führungsflächen an den Zähnen. Die Senkrechte hierauf errichtet, ergibt jedesmal die Richtung, in welcher der Kaudruck sich fortpflanzt. Man sieht z. B. bei der Lateralbewegung daß beim ersten oberen Molaren auf der Kauseite ein nach bukkalwärts und distalwärts gerichteter erhöhter Kaudruck auftritt;

denn der Unterkiefer wird auf der Kauseite nach seitwärts, rückwärts, abwärts gezogen. Auf der Stützseite dagegen erfolgt die erhöhte Belastung in palatinaler Richtung. Das Wurzelbild dieses Zahnes entspricht der auf ihn einwirkenden Kaukraft. Auch Méhely geht davon aus, daß die Molaren zweierlei Arbeit verrichten: mahlen und quetschen. „Bei härterer Nahrung spielt das Zermahlen eine größere Rolle, wobei die Kauflächen von hinten nach vorn von rechts nach links aneinander gerieben werden. Hierzu ist eine feste Einkeilung der Wurzeln (Gespreiztsein) notwendig, da sonst Lockerung eintritt". Man kann in der Dreiwurzeligkeit des oberen Molaren und der Zweiwurzeligkeit im Unterkiefermolarengebiet ein Bild der funktionellen Belastung sehen; denn der Unterkiefer ist beweglich und kann daher bei Dys- oder Afunktion ausweichen, er dient als Hauer; der Oberkiefer dient immer als unbeweglicher Amboß.

Verminderte Funktion führt phylogenetisch zur Reduktion der Zähne.

Man glaubt, daß das menschliche Gebiß, und weiß, daß das Säugetiergebiß früher bedeutend längere Kiefer und eine höhere Anzahl von Zähnen besessen hat, die das zu einer normalen Kaufunktion notwendige Maß bedeutend überschreiten. Erst allmählich im Laufe unendlicher Zeiträume hat sich der Kauapparat den Anforderungen des Nahrungserwerbs angepaßt. Dieser Anpassungsprozeß ist auch heute noch im Gange. Die Erscheinungen werden allgemein für ein Zeichen der Entartung gehalten. Dieser phylogenetischen Reduktionserscheinung am menschlichen Gebiß sind gewisse Zahngruppen unterworfen. Einen Abschluß haben die Erscheinungen noch nicht gefunden. Auf die Annahme gestützt, daß das heutige menschliche Gebiß mit 32 Zähnen vom „Säugetiergebiß" der Tertiärzeit mit 44 Zähnen herzuleiten sei, wären uns nicht weniger als 12 Zähne verloren gegangen. Nach Mühlenreiter handelt es sich um je einen Incisivus, Prämolar und Molar. Andere Autoren nehmen andere Zähne an. Was das Vorkommen weiterer Reduktion der Zahnzahl anlangt, so betrifft dies namentlich am häufigsten den

lateralen Schneidezahn und den Weisheitszahn, seltener die Prämolaren. Unter einer Reduktion versteht man allgemein eine Verkleinerung. Beim Menschen erfolgt nach Andreescu allmählich vom Heidelberger Kiefer bis zur Jetztzeit eine Reduktion des Unterkiefers, der Alveolarfortsätze und der Zähne Walkhoff erklärt die Reduktion des Unterkiefers durch den konstant geringer gewordenen Gebrauch. „Die Reduktion der Zahngrößen hielt nicht Schritt mit derjenigen der Kiefergrößen".

Bei verminderter Funktion zeigen die Wurzeln die Tendenz zu verschmelzen.

Trotz der Energie, mit welcher die Zähne ihre überlieferte Form beizubehalten bestrebt sind, kann man bei den sich am Kiefer so schnell ausprägenden Rückbildungserscheinungen am ehesten im Wurzelgebiet, das den Kaudruck aufnimmt, Merkmale erwarten; denn ein Kleinerwerden, wie es die Reduktion darstellt, wird sich nicht nur auf Kiefer und Zahnkrone erstrecken. Bei der Besprechung von homo antiquus Adloff in der Krapina-Höhle vertritt M. Lajos die Ansicht:

„Daß eine Menschenart, die Molaren mit verwachsenen Wurzeln besessen habe, nur an wenig feste Nahrung gewöhnt sein konnte, da bei solcher Nahrung die ehemals freien Wurzeln der mehrwurzeligen Zähne miteinander verschmelzen. Die Wurzeln der Zähne passen sich bedeutend rascher den verschiedenen Lebensvorgängen an als z. B. die Zahnkrone".

Aehnlich schreibt Méhely:

„Bei Ausfallen der Seitenbewegung bei der Kaumechanik infolge Uebergang zu weicherer Nahrung unterbleiben auch die auf die Wurzeln bezw. vermittels des Wurzeldruckes auf die Scheidewände der einzelnen Wurzelwaben ausgeübte Reize, sodaß mangels entsprechenden Reizes die Scheidewände der Wurzelwaben der Degeneration verfallen und mit Verschwinden derselben die Molarenwurzeln verschmelzen".

Bei vergleichenden Messungen an Schädeln aus der Südsee und Hamburg fand Fabian an oberen ersten und zweiten Molaren, daß die Wurzeln dieser Zähne bei dem untersuchten Süd-

seematerial im allgemeinen eine gespreiztere Stellung einnahmen. Balters nimmt weiter an, daß sogar während des Lebens die Achsenrichtung der Zähne sich der Kauleistung anpaßt. Die angeführten Forscher stellen also wiederum die verminderte Funktion als Ursache der Verkleinerungstendenz der Zähne heraus. Otto Walkhoff zieht für die Form der Zahnkrone aus der Reduktion des Kauorganes einen interessanten Schluß. Auch nach seinen Untersuchungen hat der menschliche Kiefer seit dem älteren Diluvium große Veränderungen erlitten, vor allem eine mindestens 2 cm betragende Verkürzung. Deren notwendige Folge mußte nach Walkhoff wieder eine Reduktion verschiedener Zähne bezüglich des mesio-distalen Durchmessers ihrer Kronen sein, wenn sie ihre Funktion für den Kauakt noch möglichst gut ausführen sollten. Nicht nur an der Krone fand ich jedoch diese Reduktionserscheinungen, sondern sie waren mesial und distal bei meinen Beobachtungen an extrahierten Zähnen auch an der Wurzel durch Abplattung sehr deutlich oft zu erkennen. Zu diesen Reduktionserscheinungen an den Wurzeln schreibt Cieszinski:

„Eine weitere Folge" (sc. der Reduktion!) ist die Kompression der oberen Prämolarenwurzeln. Die Zweiteilung derselben ist durch den hohen Kaudruck in diesem Kieferabschnitt bedingt. Wo bereits die Architektur des Kiefers eine genügende Festigkeit bietet, kann eine Reduktion des Verstärkungsstrebens des zweiten Prämolaren eintreten, die sich im Verwachsen beider Wurzeln kundgibt".

Auswirkung der phylogenetischen Umformungserscheinungen auf das rezente Gebiß.

Unterzieht man das menschliche Gebiß namentlich im Sinne Lajos und Cieszinski's einer Prüfung, so finden wir zunächst bei den Milchmolaren eine weit gespreizte Wurzel vor. Es wäre also nicht nur der bleibende Zahnkeim, welcher diese Form bedingt, sondern in erster Linie die starke funktionelle Inanspruchnahme, da ja im Milchgebiß die Molaren den Hauptteil der Belastung tragen. Die Spreizung der Wurzeln

im Milchgebiß käme weiter durch die Weichheit des kindlichen, noch nicht verkalkten Kieferknochens zustande. Den Milchmolaren wird durch die gespreizte Wurzel eine größere und feste Verankerung im Kiefer und — nach dem früher Gesagten — eine größere Wurzeloberfläche gegeben. Nach Cieszinski soll ja Wurzeloberfläche und Kaudruck proportional sein. Setzt man die Betrachtung im bleibenden Gebiß fort, so gibt Cieszinski für die Prämolaren des Oberkiefers an, daß sie die Tendenz zur Zweiwurzeligkeit haben, da in diesem Kieferteil ein erhöhter Kaudruck herrschen soll. Auch Adloff gibt an, daß der letzte Milchmolar (oder im bleibenden Gebiß der zweite Prämolar) und der erste Molar im Gebißschema an der Stelle der größten Kraftleistung stehen. Tatsache ist, daß sowohl der erste wie der zweite Prämolar (über 50%) zwei Wurzelkanäle besitzen. Daß aber der zweite Prämolar eine Tendenz zur Reduktion durch Verschmelzung der beiden Wurzeln zeigt, erklärt Cieszinski mit der an dieser Stelle festeren Struktur des Kieferknochens.

An Hand meiner anatomischen Untersuchungen an einer Anzahl von Leichen und mazerierten Schädeln, konnte ich feststellen, daß in vielen Fällen in der Gegend des zweiten Prämolaren die crista alveolo-zygomatica „ausstrahlte", und dadurch dem Kieferknochen eine Verstärkung verleiht, die eine Reduktion der Wurzeln des zweiten Prämolaren gestattet. Fabian fand bei Vergleichen von Prämolarenwurzeln aus Hamburg und der Südsee, daß die einheitliche Wurzel am Südseeschädel weit häufiger war. Ich lasse im folgenden das Untersuchungsergebnis folgen:

	1. Prämolar		2. Prämolar	
	Hamburg	Südsee	Hamburg	Südsee
Summe	466		464	
eine Wurzel	154	238	380	415
schwach gespalten	72	104	53	39
tief gespalten	236	123	31	10

Fabian schreibt hierzu:

„Es wäre sonderbar, wenn man für die häufigere Entstehung der einheitlichen Wurzeln beim Südseeinsulaner geringere Benutzung beim Kauen gegenüber dem Europäer annehmen wollte". Proell sieht darin ein rassisches Moment. Es liegt aber nach dem vorher Ausgeführten die Möglichkeit nahe, daß ein stark ausgeprägter processus alveolaris die einheitliche Wurzel bedingt. In der Literatur wird ein großer processus alveolaris häufig bei den unzivilisierten Rassen erwähnt.

Analog wäre nun die Wurzelverwachsung am zweiten und dritten Molaren zu erklären.

Der Unterkiefer gibt den Zähnen infolge seiner kompakten Beschaffenheit die Möglichkeit der Reduktion im Sinne Cieszinski's. Darüber hinaus wäre noch die Tendenz der Verschmelzung aller Wurzeln — namentlich bei Molaren — mit der Theorie von M. Lajos und Cieszinski's erklärt. Man käme dann zu einer vollkommenen Umstellung der Ansicht über den Weisheitszahn hinsichtlich seiner Bedeutung; denn gerade hier ist die Verschmelzung von Wurzeln und deren Verkleinerung typisch. Ausser der bisherigen Annahme der phylogenetischen Reduktion könnte es auch eine Folge der verminderten Funktion sein. Bei meinen Beobachtungen am Patienten konnte ich feststellen, daß die meisten Personen mit Anomalien — namentlich starkem Deckbiß bei der Lateralbewegung den Unterkiefer allein auf den Weisheitszähnen abstützen. Diese sind also nicht geringer für die Kaufunktion einzuschätzen, wie es häufig geschieht. Es käme noch der Einfluß des starken Kieferknochens und seines verminderten Wachstums im Kieferwinkel für die Tendenz der Wurzelverkleinerung am Weisheitszahn in Frage. Ob der dritte Molar nach diesen Ausführungen wirklich der vollkommenen Reduktion verfällt, erscheint mir nun als zweifelhaft, wie auch Proell in seinem Buche „Klima und Zivilisation" über den Neandertaler und Ehringsdorfer Schädel angibt. Euler fand z. B. bei Untersuchungen am rezenten Kiefer nur eine Unterzahl der Weisheitszähne von 1,3%, bei Schädeln aus dem Neolitikum und der Broncezeit dagegen 26,8%. Bei Reihenuntersuchungen um 1926 war der Weisheitszahn nur in 14,5% der Fälle größer als der zweite Molar, bei den letzten

Untersuchungen 1936 war er es in rund 50%. Bei der Suche nach den Gründen der Verschmelzung der Wurzeln lenkt Fabian die Betrachtung auch auf den Kronenteil.

„Man könnte denken, daß immer diejenigen Wurzeln zur Verschmelzung neigten, deren zugehöriger Kronenteil ebenfalls gegenüber den freien Zähnen auf einen kleineren Raum beschränkt sind".

Sieht man sich die Kronen darauf an, so trifft das bei den reduzierten Formen des zweiten und dritten Molaren häufig zu. Maßgebend für die Verschmelzung und Verkleinerung der Wurzeln sind also vielleicht veränderte oder verminderte Funktionsbedingungen.

Einflüsse von Erbe, Rasse und Umwelt auf die Größenverhältnisse des Zahnes.

Bei der Wurzelverkleinerung spielen aber auch noch andere Faktoren eine Rolle; nur sind sie nicht so scharf zu erfassen. Entweder wird ihr Einfluß auf Zahn und Wurzel von der Funktion zu stark überschattet und verwischt, oder die durch diese Kräfte hervorgerufenen Veränderungen sind für menschliche Begriffe zu fein, um erfaßt zu werden. Dahin gehören die Auswirkungen des Erbes und der Rasse, kurz des Genotypus auf die Größenverhältnisse des Zahnes und seiner Wurzel. Ist die Umwelt „verfeinert", treten auch zahlreicher Degenerationserscheinungen an Kiefern und Zähnen auf. Häckel ist der Ansicht, daß starke Zähne mehr den niederen Menschenrassen eigen sind und diese daher den Anthropoiden nähern. Schwach entwickelte Zähne, wie sie in der zivilisierten Welt vorkämen, entfernten von den Anthropoiden. Adloif will zwar in der Reduktion der Zähne keine Entartung sehen. Er meint, daß Entartung wohl ein Organ schwächen, es in seiner Funktionstüchtigkeit herabsetzen, es aber niemals zum Schwinden bringen kann. Röse glaubt, nachweisen zu können, daß bei höher stehenden Menschenrassen mit größeren Gehirnen die Rückbildung der oberen, mittleren Schneidezähne und der Weisheitszähne im allgemeinen weiter fortgeschritten ist als bei

tiefer stehenden Rassen. Er führt die Reduktion also zurück auf die zunehmende Vergrößerung des Hirnschädels auf Kosten des Gesichtsschädels. Branco gibt zwar zu daß durch starke Kautätigkeit Kiefer und Zähne größer, durch schwache kleiner werden, glaubt aber, daß die Art der Nahrungsbeschaffenheit von hauptsächlichem Einfluß sei. Ich kann Branco in diesem Punkte nur beipflichten; denn die Nahrung in früheren Zeiten war fest und hart. Sie enthielt häufig Beimengungen harter Substanzen in feinster Form. Ehe sie in den Magen kam, mußte sie erst regelrecht gekaut werden. Die heutige überfeinerte Küche kennt leider nur weichgekochte Speisen: Suppe, Gemüse, Pudding. Selbst das Fleisch muß „zart" sein. Die Kartoffel ist „weich" gekocht Bei dem schablonisierten Küchenzettel unserer Zeit ist ein Kaugeschäft vollkommen überflüssig. Talbot sieht in der Rassenvermischung die Ursachen der Reduktion. Branco führt als weitere Ursache an: Inzucht. Sie ruft eine Verlängerung der Extremitäten und der Gesichtsknochen hervor. Verwendet man diese These auf die Rassenvermischung, so tritt bei Nichtinzucht eine Verkürzung ein. Daß bei der Verkleinerung der Zahnform auch die Vererbung eine wesentliche Rolle spielt, bedarf wohl nur der Erwähnung; denn die regressiven Erscheinungen und Tendenzen, wie sie in der Mundhöhle an den verschiedensten Zähnen zu beobachten sind, — ich erwähne, die sich geltend machende Verkleinerung der Kronenform der Molaren (nach Mühlenreiter) und die Tendenz des oberen zweiten Incisivus sich insgesamt zu verkleinern — gehen viel leichter auf die Nachkommen über, als z. B. die progressiven. Diese Ansichten spiegeln sich auch in den rassenpolitischen Anschauungen des heutigen Staates wieder. Die regressiven Erscheinungen können auch Generationen überspringen und indirekte oder kollaterale Vererbung bedingen. Aus den Beobachtungen von G. Korkhaus bei der Zwillingsforschung geht hervor:

„daß möglicherweise Zahnform und Größe von verschiedenen Erbfaktoren bestimmt werden, die häufig unabhängig von einander sind und die in verschiedener Weise und Kombination auf die Nachkommen übertragen werden können. Die Zahnform

scheint jedenfalls eine regelmäßigere Vererbung zu zeigen als die Zahngröße".

Man kan mit Roux annehmen, daß in jeder fertigen Gestalt eines Organes ein ganz erheblicher Anteil von beweglicher „Selbstdifferenzierung" steckt. Immer spielen in der Entwicklung aber auch die Beziehungen der einzelnen Teile zueinander eine Rolle. Diese Beziehungen bleiben sich nicht immer genau gleich und sind selbst wieder durch Umweltseinflüsse und innersekretorische Abänderungen umstimmbar. Auch der Zahn besitzt, wie aus dem Angeführten geschlossen werden kann, eine gewisse Selbstdifferenzierung, die aber den Einflüssen seines Milieus unterliegt. Daß dabei die Zahnwurzel ebenfalls stark beeinflußt wird, ist wohl nicht von der Hand zu weisen; denn die Wurzel steht vermittels des Periodontium und Parodontium in sehr enger Beziehung zum Gesamtorganismus. Entsprechend der Zahnentwicklung, die ja von der Krone beginnend nach abwärts sich vollzieht, kann eine Gestaltung gerade an der Wurzelspitze sich viel kräftiger und deutlicher auswirken als kronenwärts, da die Verkalkung später einsetzt. Diese Beeinflussung der Wurzelgestalt tritt aber nicht nur in den „Jugendjahren" des Zahnes in Erscheinung, sondern auch im ganzen übrigen Leben bleibt dieser Einfluß bestehen. Der Zahn, als Ganzes gesehen, ist nicht etwa als ein totes Gebilde aufzufassen, sondern er nimmt auch noch an den körperlichen Auf- und Umbauprozessen teil, wenn er fertig ausgebildet ist. Infolge ihres innigen Kontaktes mit dem Kieferknochen ist es auch hier wiederum die Wurzel des Zahnes, an der sich am ersten Veränderungen geltend machen. Es ist dabei natürlich streng zu unterscheiden zwischen Einflüssen endogener und exogener Art. Auch soll eine reinliche Scheidung stattfinden zwischen Erscheinungen am fertig ausgebildeten Zahn und solchen, die in den „Entwicklungsjahren" auf den Zahn bezw. seine Anlage einwirken. Häufig kann man die letztgenannten nicht ohne weiteres trennen; denn manche Einflüsse treffen die Wurzel und den Zahn sowohl während seiner Entwicklung als auch in späterer Zeit.

Vitamin- und Hormonwirkungen.

Einen großen Einfluß auf die Zähne und den ganzen Organismus üben die endokrinen Drüsen aus. Welche Drüsen dabei in der Hauptsache ihren Einfluß geltend machen, hat hier nur eine untergeordnete Bedeutung; denn bei dem System der innersekretorischen Drüsen handelt es sich um ein antagonistisches Korrelationsprinzip. Erst wenn in dieser Korrelation eine Gleichgewichtsstörung eintritt durch Hypo- oder Afunktion einer Drüse, zeigen sich auch Folgerungen am Organismus und an den Zähnen. Es ist dabei manchmal schwierig, die Drüse zu finden, die ihre normale Funktion nicht mehr ordnungsgemäß ausführt. Häufig ist durch Tierversuche (Erdheim und Kranz) der Einfluß der Blutdrüsen auf das Zahnsystem bewiesen worden. Nach Bergmann sind Zahnform und Zahnfarbe die Folgen bestimmter endokriner Drüsen. Weitere sichtbare Folgen sind Megalodontismus, Mikrodontismus, Zapfen- und Eberzähne. Namentlich die Zahnverkleinerung tritt augenscheinlich öfter auf. Doch berichtet Bacherer von sehr großen, plump gebauten Zähnen bei Myxödem. Auch Mottek läßt gelten, daß große Zähne vorkommen können.

„Meistens haben wir es aber mit kleinen, schlecht entwickelten Zähnen zu tun, die den Raum auf dem Alveolarkamm nicht einmal ausfüllen."

So berichtet Byrons vom Kretinismus, daß die Schneidezähne klein und kegelförmig seien, auseinander ständen, Längs- und Querriffelungen zeigten. Die Eckzähne seien klein und den Schneidezähnen ähnelnd. Kranz fand bei thymektomierten Hunden im Milchgebiß wie im bleibenden Gebiß bedeutend schwächere Zähne. Namentlich Eckzähne und Molaren waren zurückgeblieben. Bei kastrierten Wildschweinen waren die Hauer besonders zurückgebildet. Bei kastrierten Ratten waren die Zähne in der äusseren Form kleiner angelegt als normal. Die Deformitäten der Zahnform lassen unschwer auf Veränderungen im histologischen Aufbau schließen. Während Kranz nur unbedeutende Unterschiede in der feineren Struktur fand, berichtet Hexheimer über Veränderungen im Dentin. Dreier und andere Autoren sahen bei Graviden ausser der Karies

ein Weich- und Brüchigwerden der Zähne. Dasselbe beobachtete Nelle bei morbus Basedovii. Nach Exstirpation der Schilddrüse soll die Struktur der Zähne wie bei Kretinen beeinflußbar sein und zu Degenerationserscheinungen führen. Die angeführten Beispiele aus den Werken der verschiedensten Autoren lassen den Einfluß der endokrinen Drüsen auf den Zahn gut erkennen. An der Wurzel machen sich die Anzeichen derartiger Drüsenstörungen aber auch sehr deutlich bemerkbar. Gadiel berichtet bei Myxödem von einer Verzögerung der Wurzelresorption im Milchzahngebiß. Histologisch fand Kranz nach Thymektomie eine Verbreiterung der Pulparäume in den Wurzeln. Bei Skrofulose bilden sich nach Misch die sog. Schmelzwellen (mangelhafte Kalkablagerungen) auch im Dentin und zwar nicht nur an der Krone des Zahnes, sondern auch an der Oberfläche der Zahnwurzeln. Die von Geiger erwähnten Zapfenzähne zeigen an Krone und Wurzeln gegenüber der Norm eine „differenzierte abgerundete Gestalt". Bei Gravieden mit mineralarmer Nahrung beschreibt Schulte-Vogelheim Zähne, die „erweicht und knorpelartig verändert sind, mit eigentümlichen Zementverkalkungen an den Wurzeln". Die angeführten Autoren fanden eigentlich nur geringfügige Veränderungen an den Zahnwurzeln. Man muß aber bedenken, daß diese Zähne in situ waren, eine Funktion zu erfüllen hatten, die wahrscheinlich schwerere Veränderungen nicht zuließ. Auch mag die Drüsenstörung nur unbedeutend gewesen sein. Daß aber doch größere Veränderungen, sogar ein Kleinerwerden der Zahnwurzeln durch den Einfluß der innersekretorischen Drüsen vorkommt, mögen zwei weitere Beispiele aus der Literatur beweisen. M. Zscherlich schreibt über das Gebiß bei echten Kretinen:

„Schon rein makroskopisch fallen die Zähne durch starke Degenerationserscheinungen auf, die Wurzeln sämtlicher Zähne sind kurz und mehr oder weniger verkümmert. Bei manchen gehen die Degenerationsformen soweit, daß die Wurzeln nur noch angedeutet sind und diese Zähne sozusagen nur noch aus einer Krone bestehen".

Ueber Krankheitserscheinungen bei Diabetes mellitus in der Mundhöhle schreibt Gunert:

„Die Wurzeln herausgefallener oder infolge von Lockerung extrahierter Zähne der Diabetiker zeigen Resorptionsstellen, starke Rauhigkeiten und oft tiefe Zacken und Kanten sogar Nadelspitze, dünne Enden, welche durchsichtig sind, bernsteinartig, transparent erscheinen".

Man könnte annehmen, daß diese Erscheinungen pathologischen Charakter tragen. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß einige der innersekretorischen Drüsen im Verlaufe des Lebens entweder atrophieren, ihre Tätigkeit erst später aufnehmen oder in andere Richtung gedrängt werden. Ich denke hier an die Thymusdrüse, die mit dem vollendeten Wachstum des Organismus der Involutionsatrophie verfällt und ferner an die Zirbeldrüse, die häufig im späteren Alter ganz verkalkt. Von einschneidendem Einfluß scheint auch die Keimdrüse zu sein, die normaliter während des Klimakteriums ebenfalls atrophiert. Sie soll die Ursache der in diesem Jahrzehnt beginnenden allgemeinen Erscheinungen der Altersatrophie sein. Daß an dieser Funktionsveränderung während dieser Zeit auch das gesamte übrige System der in Korrelation stehenden Blutdrüsen beteiligt sein muß, bedarf nur der Erwähnung. Wenn nun diese physiologisch bedingte Aenderung der hormonalen Kräfte jede Zelle des Organismus trifft, so wäre es undenkbar, wenn sie gerade am Zahn Halt machen sollte. Nach Biedel treten durch Inkretionsstörungen Veränderungen am Zahn so häufig auf, daß „uns am Zahn schätzenswerte Hinweise auf Anomalien von Inkretorganen geliefert werden". Derartige Störungen kommen häufig vor der Zeit der allgemeinen Involutionserscheinungen vor und werden von Citron als „partielle prämature Seneszenz" gedeutet. Es mutet eigentümlich an, daß die Wachstumshormone, die zunächst das Zahnwachstum gefördert haben, bei ihrem Ausbleiben oder vermindertem Auftreten eine regressive Wirkung auslösen. Diese Wirkung zeigt sich meistens in einer Verkleinerung des Zahnes und namentlich seiner Wurzel.

Ueben die Hormone schon einen Einfluß auf die Größenverhältnisse des Zahnes und damit der Wurzel aus, so kommt dem Ernährungsfaktor eine nicht geringere Bedeutung zu. Unsere Ernährungsweise hat sich mit dem Fortschritte der Zivilisation, den zunehmenden Möglichkeiten der Konservierung und des

Transportes von Nahrungsmitteln vielfach völlig verändert. Dabei ist nicht einmal schlechte Ernährung die Ursache vieler Schäden, die anfangs kaum wahrnehmbar, nach längerer Zeit aber erheblich in Erscheinung treten. Ueberernährung, falsche Ernährung und zuviel Aufnahme von Flüssigkeiten sind meistens diese Faktoren. Es fehlen besonders infolge dieser falschen Ernährung oft Mineralien und Vitamine. Gerade bei den letzteren kann es häufig zu einer latenten Avitaminose kommen. May Mellenbey glaubt, „mit Hilfe richtiger Ernährung während des ganzen Lebens" einen Einfluß auf den Zahn zu gewinnen. Hiroshi Imamura fand nach Wasserüberfütterung bei Kaninchen mangelhafte Kalkablagerungen in den Zahnsubstanzen. Dagegen fand H. Fabian an „Hungerzähnen" bei Tieren mit knapper Nahrung ein Kleinerwerden in der Form. Aeusserlich machen die Zähne aber wider Erwarten „einen harten, widerstandsfähigen Eindruck". Bei Besprechung der mechanischen Beschaffenheit der Nahrung erklärt Ragnar Berg:

„Ein Organ, das nicht gebraucht wird, muß zwangsläufig allmählich entarten. Wenn die Nahrung zu weich ist, nicht genügend zum Kauen herausfordert, so entarten allmählich Kiefer, Kaumuskulatur, Speicheldrüsen, das Zahnfleisch und nicht zuletzt die Kittmassen der Zähne".

Besonders eine starke Acidose-Neigung macht sich bei unserer heutigen eiweiß- und fettüberschüssigen Nahrung bemerkbar. Unsere Nahrungsmittel enthalten zuviel Säuren, während der Basengehalt ganz ungenügend ist. Bei der Verbrennung im Körper entstehen ausserdem noch Säuren organischer Art. Diese Säuren wird der Körper nun gezwungen zu neutralisieren. Normalerweise soll im Körper eine leicht alkalische Reaktion bestehen. Bei dem Bestreben, die entstehenden und zugeführten Säuren zu neutralisieren, muß der Körper auf seine Reserven zurückgreifen, das sind letzten Endes der Knochen und auch die Zähne.

Aufbau und Umbau im Schmelz und Dentin.

Im Schmelz.

Maßgebend ist also der Aufbau und die Struktur des Zahnes. Nicht nur während der Wachstumsperiode, sondern auch ebenso während des ganzen Lebens hindurch muß ein Umbau, ähnlich dem des Knochens, auch im Zahn stattfinden. Unter Umbau versteht man ein physiologisches Gelöstwerden und wieder Gefälltwerden von Kalk, entsprechend der Apposition und Resorption im Knochen, wie Pommer es schon Ende des vorigen Jahrhundert gezeigt hat. Daß dieser Umbau im Zement, der dem Knochen entwicklungsgeschichtlich so nahe steht, vorgeht, ist allgemein bekannt. Im Schmelz dürfte aber schon ein Umbauvorgang sehr schwierig sein wegen der geringen organischen Substanz. Richter, ein Schüler Proells, fand aber schon im Schmelz des Milchzahnes und des bleibenden Zahnes bezüglich der Härte individuelle Unterschiede. Der täglichen Erfahrung soll es entsprechen, daß der Schmelz depulpitierter Zähne brüchiger als der intakter Zähne ist (Türkheim). Grasset untersuchte den Schmelz von Nagetieren 1891 vom Standpunkt der Mechanik aus. Er fand, was die Lagerung der Prismen anbetrifft, „daß der Aufbau des Schmelzes durchaus den Gesetzen der Statik entspricht, indem auf einen Punkt gerichtete Einwirkungen auf die ganze Oberfläche verteilt werden". Er glaubt, „daß diese zweckmässige Verteilung der Schmelzprismen eine Anpassung an die Funktion darstellt". Retterer glaubt sogar nachweisen zu können, daß der Zahnschmelz im späteren Leben durch den auf ihn einwirkenden Druck dichter wird.

Im Dentin.

Wesentlich für diese Arbeit muß aber der Umbau des Dentins sein; denn wenn sichtbare Größenveränderungen am Zahn auftreten, so muß das Dentin, welches mengenmäßig den größten Teil der Zahnsubstanzen ausmacht, in hervorragendem Maße hieran beteiligt sein. Das Dentin unterscheidet sich be-

kanntlich vom Knochen dadurch, daß die Bildungszellen ausserhalb liegen und nur mit den Fortsätzen durch die Kanälchen mit den einzelnen Lagen in Verbindung stehen. Normalerweise sind auch keine Blutgefäße im Dentin zu finden. Nach Adloff resultiert daraus ein scheinbarer Nachteil gegenüber dem Knochen, indem das Zahnbein der Fähigkeit der primären Regeneration entbehrt. Eigenartig ist die Ansicht Adloff's, der in dem immerwährenden Durchbruch nach Gottlieb eine sekundäre Regeneration sieht. Umbau im Zahnbein wird aber trotzdem rege und sichtbar nach Infraktionen, Frakturen, Wurzelamputationen, bei Karies in der Ausbildung der transparenten Zone, bei Sekundär- und Ersatzdentin.

Anbau im Dentin.

Im folgenden soll jedoch nicht von dem pathologisch bedingten, neu angebauten Dentin die Rede sein, sondern von dem pulpenwärts gebildeten, physiologischen, sekundären Dentin. Mit der vollständigen Entwicklung des Zahnes hört nämlich die Dentinbildung normalerweise nicht auf, sondern schreitet langsam bis ins höhere Alter fort. Als Beweis dafür mag dienen, daß im vorgeschrittenen Alter die Pulpahöhle kleiner gefunden wird. Loos bezeichnet dieses Dentin als „allgemeine physiologische, senile Neubildung". Reich gibt an, daß man nicht ohne weiteres das sekundäre Dentin — oder wie er es nennt gegenüber dem regulären Dentin, das irreguläre — als senil bezeichnen könne, da ja schon früher Dentinneubildung stattfände. „Wann jedoch die Bildung des senilen Dentins beginnt, und wo die Grenze zwischen dem während der physiologischen Wachstums- und Gebrauchsperiode angebildeten Dentin und dem senilen Dentin zu ziehen ist, ist nirgends mit Sicherheit gesagt". Dieses sekundäre Dentin wird schon gebildet, wenn das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen ist, und zwar, wie Reich nachgewiesen hat, vom Zeitpunkte der funktionellen Betätigung ab. In dem Augenblick, wo der Zahn in Funktion tritt, soll sofort die Anlagerung von neuem Dentin in den occlusalwärts liegenden Hörnern des Pulparaumes einsetzen. Es soll

in seiner Struktur dem primären Dentin gleichen und einen ganz regelmäßigen Aufbau besitzen. Ist die Wurzel ausgebildet, geht auch in ihr die Dentinbildung weiter. Bei den Molaren zeigt sich eine noch stärkere physiologische Anbildung von Dentin, welches noch deutlicher als das der Eck- und Schneidezähne eine Trennung in zwei Schichten erkennen läßt. Die Prämolaren stehen bezüglich der physiologischen Dentinausbildung zwischen Eckzähnen und Molaren. Auffallend ist nach den Untersuchungen Reich's, daß sich an den Seitenwandungen des Pulpencavums selten Dentinneubildung einstellt. Auch das hat einen funktionellen Grund. Nach den Untersuchungen von Balters und Fornier ist angeblich der Zahn kein homogener, starrer und unbeweglicher Körper, sondern in der Zahnhalsgegend besteht eine Durchbiegungsmöglichkeit. Sie ist bis zu einem gewissen Grade sogar als physiologisch anzusehen. Gebhardt, der sich eingehend mit dem funktionellen Strukturaufbau des Zahnes befaßt hat, weist darauf hin, daß gerade in der Mitte eines festen Körpers, der auf Biegung beansprucht wird, die Abscherungsspannungen am größten sind. Es sei auch in der Technik allgemein üblich, dem Zustandekommen dieser zentralen Schubspannungen durch hohle Träger, Säulen etc. vorzubeugen.

Strukturelle Veränderungen im Dentin.

DieStruktur des Zahnbeines ist charakterisiert durch die Zahnbeinkanälchen und weiter durch eine lamelläre Anordnung der verkalkten Fibrillen. Wenden wir uns zunächst den Kanälchen zu. S-förmig gewunden ziehen sie von der Pulpa zur Aussenfläche des Dentins, wo sie sich verästeln. Die Kanälchen der Zahnkrone und Wurzel verlaufen in senkrechter Richtung zu den Fibrillen. Zwischen den Kanälchen der Zahnkrone und Wurzel bestehen gewisse Unterschiede, deren hauptsächlichster die starke Verästelung im Wurzelteile des Zahnes ist, während in der Krone Seitenverzweigungen nicht so häufig vorkommen. Dieser Bau des Dentins bezieht sich auch auf das Sekundärdentin. Die normale Struktur der Kanälchen besteht

nach Reich aber nur bei Zähnen, die noch nicht in Funktion getreten sind.

„Alle Zähne, welche bereits in Aktion getreten sind, besonders aber diejenigen, welche bereits längere Zeit in Gebrauch waren, zeigen im Aufbau ihres (sekundären) Dentins ... mehr oder weniger deutliche Abweichungen".

Black, Loos, v. Ebner, Walkhoff, Bödecker, fanden zusammengefaßt etwa folgendes: Ein Ueberwiegen der Grundsubstanz gegenüber den Kanälchen, Verminderung der Zahl und unregelmäßigeren Verlauf der letzteren, deutliche lamellöse Schichten und Einlagerung von Odontoblasten. Weber und andere Forscher weisen darauf hin, daß auch im primären Dentin mit zunehmendem Alter eine Verbreiterung der Grundsubstanz auf Kosten der Kanälchen beobachtet wird. Mellenbey konnte Fälle zu Gesicht bekommen, wo durch den „Funktionsreiz" strukturell minderwertige Zähne zu funktionstüchtigen, ja kariesimmunen Gebilden wurden. Während dieses Dentin mehr der Gebrauchsperiode angehört, fand v. Wedel im senilen Dentin Resorptionen vor.

„Man sieht nämlich Unterbrechungen des Zahnbeins, welche von kleineren und grösseren gestreckten zackigen, mit amorphen Kalksalzen erfüllten Hohlräumen eingenommen werden; dieselben entsprechen teils partiellen Resorptionen, wie man solche im senilen Zahnbein häufig sieht, teils sind es Interglobularräume".

Daß zwischen der Gebrauchs- und Altersperiode am Dentin schwer eine Trennung zu ziehen ist, habe ich schon erwähnt Reich fand am Sekundärdentin als „Zeichen der Funktion" bei seinen Untersuchungen eine Abknickung der Dentinkanälchen. „Auch im Wurzelgebiet finden wir bei den fertig gebildeten Zähnen die deutliche Wirkung der Inanspruchnahme". Er fand am Zahnhals und am Anfangsteil der Wurzel eine stärkere Torsion und eine stärkere spiralige Umeinanderdrehung der einzelnen Dentinkanälchen. Wurzelwärts ist eine starke Verbiegung der Kanälchen festzustellen oft in zweifacher Richtung. Alle Zähne lassen dies nach den Reich'schen Untersuchungen erkennen. Maßgebend für die erste Abwinkelung soll das Wachstum der Wurzel sein. Für die zweite Abknickung

macht Reich die durch den Kauakt bedingte Hebelwirkung auf den Zahn verantwortlich. Gösta Westin und Höjer führen die Anbildung von Schutzdentin auf Schädigung des Protoplasmas zurück. (Mechanisch, thermisch, bakteriell, toxisch, durch Schädigung der Lebensbedingungen des Protoplasmas). Die Odontoblasten hören auf, in ihrer gesetzmäßigen Tätigkeit zu funktionieren. Sie erfahren eine „Dignitätsherabminderung" (durch C-Vitaminarmut!) und werden zu Zementoblasten, schließlich zu Osteoblasten. Gleichzeitig setzt eine Hartsubstanzbildung nach anderen Gesetzen ein, als die für die Funktion der Odontoblasten geltend gewesen sind.

Umbau im Dentin.

Eine weitere Strukturanordnung des Zahnbeins stellen die verkalkten Fibrillen dar, die bündelweise zu den Lamellen zusammengefaßt sind. Brodersen sieht in den Lamellen einen „systematischen Zusammenschluß der verkalkten Fibrillen zu Verbänden höherer Ordnung". Kölliker und v. Ebner vergleichen diese Schichten mit den Lamellen des Knochens und haben den charakteristischen Verlauf in einer Figur festgelegt. Nach der Ansicht Benninghoffs sind diese Lamellen als Zuwachsstreifen aufzufassen und jede Lamelle bildet ein genetisches System. Die Lamellen verlaufen nun in der Entwicklung parallel der jeweiligen Oberfläche des Pulpenraumes. Vom Zahnhals ab wurzelwärts erfahren sie eine deutliche Abwinkelung nach unten. Da die Fibrillen bei der Bildung des Zahnbeines immer an der inneren Grenzfläche entstehen, so sind auch die Lamellen aus dem Wachstumsvorgang entstanden. Nach Gebhardt haben wir es daher bei der Lamellierung des Dentins mit einer Wachstumsarchitektur zu tun. An Hand von Untersuchungen an gestichelten Zähnen fand Brodersen, daß die Dentinlamellen im Alter einen Richtungswechsel erfahren, derart, daß auf der labialen und lingualen Hälfte der Zähne im Alter die Lamellen nicht mehr, wie v. Ebner und Kölliker angeben, verlaufen, sondern parallel der äusseren Kontur des fertigen Zahnes. Ausgenommen werden hiervon nur

eine sehr schmale Zone um den Pulparaum. Gleichzeitig muß mit diesem Umbau im Dentin geht nach Gerlach eine erhöhte Ca-Einlagerung in den Lamellenzügen einher. Brodersen hält den Verlauf dieser Zahnbeinlamellen und ihren späteren Richtungswechsel „für so typisch, daß er danach das Alter eines Zahnes auf ein Jahrzehnt genau berechnen kann". Aus der jugendlichen Schräglage gehen sie in den späteren Lebensjahren in einen reinen Längsverlauf über.

Ueber die Altersveränderung in der Struktur des Zahnbeines kann ich also zusammenfassend sagen, daß ein Altersumbau stattfindet. Einmal bedingt die Belastung einen Anbau von neuem Dentin und eine Richtungsänderung der Kanälchen. Diese Alterserscheinungen finden in der Hauptsache in den Teilen des Zahnbeins statt, die der Funktion besonders ausgesetzt sind: Zahnkrone und Wurzel. Ferner tritt noch ein Richtungswechsel der schon verkalkten Zahnbeinlamellen auf: sie gehen aus der Schräglage in den Längsverlauf über.

Chemisch-mineralischer Umbau im Dentin.

Bisher habe ich eine Altersdifferenzierung des Zahnbeines hinsichtlich seiner Struktur gegeben. Im folgenden will ich zeigen, daß das Zahnbein sich intra vitam auch hinsichtlich der aufbauenden Elemente ändert. Man weiß, daß sich das Dentin zusammensetzt aus organischen und anorganischen Substanzen, wobei die anorganischen überwiegen. Je exakter in letzter Zeit die Bestimmung des organischen Anteils im Zahn versucht wird, desto höher steigen die Angabenwerte für die organischen Substanzen. Nach Oppenheimer beträgt deren Menge im Dentin zirka 25%, im Schmelz zirka 6%. Neuerdings ist auf Grund radio-spektral-analytischer Untersuchungen von Thewills der Gehalt des Dentins an organischer Substanz bei Menschen auf 40%, daß des Schmelzes auf zirka 15% berechnet worden. Mit Recht weist Weber darauf hin, daß dann bei nicht vollwertig angelegten Zähnen (Hypoplasien) noch eine weitere Vermehrung der organischen Substanz eintreten muß.

Unter den anorganischen Substanzen ragen ganz besonders Ca und P. hervor. Die Verkalkung des Zahnbeines geht entsprechend den Konturlinien Owens vor sich, so daß sie nach der Entwicklung in Anwachszonen rhythmisch erfolgt. Gerlach glaubt, auch von Ca-Lamellen reden zu dürfen, entsprechend den Dentinlamellen. Auch beim Zahnbein gibt es hinsichtlich seiner aufbauenden Elemente individuelle und Altersunterschiede; denn besonders der jugendliche Zahn gilt als ein Teil des lebenden Körpers. Solange die Pulpa funktioniert wird der Dentinkörper mit Gewebssaft versorgt. Je nach den allgemeinen Stoffwechselbedingungen wechselt auch der Gehalt der Hartsubstanzen. Ganz allgemein ist bekannt, daß jugendliche, nicht völlig „ausgereifte" Zähne wasserreicher sind als die älterer Leute. Kühns hat Schmelz und Dentin untersucht mit besonderer Berücksichtigung der Veränderungen, die beide Substanzen mit fortschreitendem Alter in ihrer Zusammensetzung erfahren. Er fand ein Ansteigen des Ca-Gehaltes und eine Vermehrung des Glührückstandes von 65,39% auf 58,56% in einer Untersuchungsreihe, die Zähne von jungen Individuen bis zum Greise umfaßte. Ich lasse eine weitere Analyse der Zahnsubstanzen nach Kühns folgen, aus der sich in der Zusammensetzung eines jugendlichen und eines senilen Zahnes bezüglich Gewebswasser, Glühverlust, Ca und P oft wesentliche Unterschiede herausschälen. Dasselbe trifft auch auf die Analyse von Gaßmann zu.

Analyse der Zahnsubstanzen nach Gaßmann

m %	Eckzähne	Milchzähne	Weisheitszähne	60 jähr. Mensch
H_2O	8.09	8.76	6.83	8.27
Glühverlust	22.78	22.84	18.51	21.42
Ca	29.78	29.84	31.77	30.25
PO_4	40.98	40.64	41.48	41.10
CO_3	4.18	4.12	5.17	4.32
Cl	0.41	0.37	0.40	0.24
K	0.34	0.35	0.33	0.27
Na	0.61	0.54	0.67	0.61
Mg	0.87	0.78	0.80	0.82

Analyse der Zahnsubstanzen nach Kühns.

	Schmelz						Dentin					
	6 jähr. Molar		normaler Zahn		seniler Zahn		6 jähr. Molar		normaler Zahn		seniler Zahn	
Gewebswasser	2,45	2,15	1,33	1,09	1,12	1,34	10,46	10,15	9,04	9,32	9,32	—
Glühverlust	8,89	9,26	7,71	7,36	7,36	6,85	24,09	24,56	23,06	23,06	22,21	—
Summe	10,84	11,81	9,04	8,80	8,48	8,19	34,55	34,61	32,10	32,38	31,44	—
In der Asche:												
CaO	52,58		53,75		55,37		53,38		53,42		53,46	
MgO	1,08		0,84		0,66		2,41		2,41		1,81	
P_2O_5	36,89		37,20		36,26		37,38		39,46		39,47	
Fl	0,29		0,29		0,29		0,25		0,25		0,25	

Die Tabellen zeigen, daß schon verschiedentlich auf Umbauvorgänge bezüglich der einzelnen Bausteine des Dentins hingewiesen worden ist. Namentlich die Kalkverteilung interessiert uns. Gerlach hat zuerst versucht, quantitativ die Kalciumverteilung und ihre Verschiebung im zunehmenden Alter in bestimmten Regionen des Dentins nachzuweisen. Das Ergebnis der Untersuchung war:

„Entsprechend der Entwicklung erfolgt eine schichtweise Ablagerung des Zahnbeins, die an der Krone beginnt und an der Wurzelspitze endet. Aus unseren Untersuchungen folgt, daß die ältesten Dentinschichten kalziumreicher sind als die jüngsten. Je strenger man sich an die genetisch-bedingten Schichten des Zahnbeines hält, desto schärfer hebt sich die Topographie der Ca-Verteilung im Zahnbein heraus".

Das Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen Kaushanshy's, der auch Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung zwischen Krone und Wurzel fand. Es geht daraus hervor, daß in der Wurzel immer weniger Ca vorhanden ist als in der Krone. Von dieser Verkalkung soll ein kleiner pulpanaher Saum der Dentinzone immer ausgenommen bleiben.

„Der Altersprozeß im Zahnbein besteht, soweit er die Ca-Verteilung betrifft, in einer Angleichung der jüngsten Schichten an die ältesten. Man könnte ihn als fortschreitende Entwicklung bezeichnen. Jedoch bleibt stets ein höherer Kalziumwert in den älteren Schichten bestehen."

Brodersen hat nachgewiesen, daß die Fibrillenverlaufsrichtung bei jungen Zähnen mehr radiär gerichtet ist, woraus sich eine zur Zahnachse schräg verlaufende Richtung der Dentinlamellen ergibt. Später im Alter stellen sich die Fibrillen und Lamellen des Dentins mehr parallel zur Zahnachse ein.

„Zu einer bestimmten Fibrillenarchitektur, wie sie in den Dentinlamellen zum Ausdruck kommen, gehört eine entsprechende Kalziumverteilung (Kalziumlamellen). Aendert sich im Alter die Fibrillenarchitektur, dann verschiebt sich auch die Kalziumverteilung."

Deutung des Umbauvorganges im Dentin.

Es steht also fest, daß der Kalkgehalt des Zahnes sich im Alter verschiebt. Aber auch die Hormone und Vitamine, sowie der gesundheitliche Zustand vermögen den Kalkgehalt zu beeinflussen. Nach Adloff setzt das eine Art Stoffwechsel voraus.

„Das Dentin ist ein modifiziertes Knochengewebe, in welchem aus Zweckmäßigkeitsgründen die Bildungszellen nicht innerhalb, sondern ausserhalb der abgeschiedenen Hartsubstanzen liegen, aber ihnen werden selbstverständlich ganz dieselben Fähigkeiten zukommen wie den Osteoblasten."

So verschieden die Wirkung der Osteoblasten von der der Osteoklasten auch erscheinen mag, in chemischer Hinsicht ist es nur ein quantitativer. In den Osteoklasten ist die Säurebildung stärker. Wenn Umbau und auch Abbau im Dentin und vielleicht auch im Schmelz stattfindet, muß ein rascher Verkehr durch die offenen Bahnen — ähnlich wie beim Knochen — auch im Dentin möglich sein. Dazu dienen natürlich in erster Linie die Dentinkanälchen. Auf kleineren Strecken muß aber auch noch die Diffusion hinzukommen. Vorbedingung dafür ist aber ein wirkliches Gelöstsein der an- oder abzubauenden Substanzen, natürlich hauptsächlich des Ca. Im Normalserum ist Ca aber nur zur Hälfte, andere Stoffe sogar überhaupt nicht in diffusibler Form vorhanden. Säuren vermögen nun aus allen Ca-Formen des Körperserums ein lösliches, diffusibles Ca zu bilden. Daß in dieser Richtung auch die Odontoblasten und Ameloblasten arbeiten, zeigt in der Diffusionshistologie — das sind histologische Untersuchungen über die Diffusionserscheinungen bei Zellen — der vom Kalkniederschlag freie Saum um eben genannte Zellen. Nach Liesegang ist es nicht einmal notwendig, daß die Umwandlung in die diffusible Form auf phagozytärem Wege vor sich geht. In abfallender Konzentration soll sich ein Säurekreis ein Stück in die Umgebung der Zelle erstrecken In weiterem Abstande tritt dann durch das Alkali des Serums eine Neutralisation auf, die das gelöst gewesene Ca wieder ausfallen läßt. Liesegang glaubt, daß die transparente Zone bei der Zahnkaries in ähnlicher Weise gebildet

wird. Die von der Bakterientätigkeit herrührende Milchsäure treibt den Kalk vor sich her und füllt die Dentinkanälchen damit aus. Wenn Fornier bei der Erklärung des sichelförmigen Defektes in Ueberdrucken eine Störung des Dentins — „von zartesten Beeinträchtigungen der Dentingrundsubstanz und damit der Inhalte der Dentinröhrchen bis zum vollständigen Quetschvorgang, wo es zum Absterben der Odontoblastenfortsätze kommt" (vergleiche Med. Diss. Bonn 1936); — sieht, von der es sich nicht mehr erholen kann, so kann man jetzt die Erklärung dafür geben. Warburg fand, daß es in der Karzinomzelle auch bei Anwesenheit von Sauerstoff zu einem Zuckerabbau bis zur Milchsäurestufe kommt. Druckerey fand dieselben Erscheinungen auch an anderen Zellen, wenn diese geschädigt waren. Der schädigende Insult brauchte nicht chemischer Art zu sein, sondern auch mechanische Insulte z. B. Quetschungen konnten „örtliche Säurungen" hervorrufen. Dasselbe kann auch Sauerstoffmangel bedingen. Ob auch Störungen im Zellstoffwechsel zu Uebersäurungen führen können, liegt immerhin im Bereiche der Möglichkeit. Von den „Reformatoren des Küchenzettels" ist jedenfalls schon häufig dieses Argument angeführt worden. Ein Kleinerwerden des Zahnes kann nun durch Um- oder Abbau von verkalkter Substanz erfolgen. Erforderlich dazu sind kleine örtliche Azidosen. Wir haben, wie ich schon sagte, aber auch mit der Diffusion im Zahnbein zu rechnen, wie Weber sie annimmt. Liesegang gebraucht noch den übergeordneten Begriff der Ultrafiltration. In die zellfreien Zwischenräume wird Gelöstes durch Druck hereingepreßt: Zellsäure, Abbaufermente und natürlich auch Anbauprodukte Dadurch kann eine Lösung oder ein An- oder Abbau von organischer und anorganischer Substanz erreicht werden. Druck ist es also, der ein Schrumpfen des Zahnes bedingen kann. Erhöhter Druck ist es auch, der nach Spring das saure Kalziumphosphat in das neutrale übergehen läßt. Zieht man wieder die Parallele zum Knochen, so sieht auch Pommer, nach der Osteoklastenlehre von Roux, die An- und Abbauvorgänge hervorgerufen besonders durch Gewebsdruckerhöhung. Druck erhöht noch die CO_2-Löslichkeit des Kalziums, wie Liesegang angibt.

Die Deutung dieses Umbauvorganges in dieser Richtung ist aber abhängig von dem Vorhandensein von Zellen, die den Abbau vornehmen. Wie verhält sich jetzt aber ein devitalisierter Zahn? Weber zieht wieder den Vergleich zum Knochen, der auch „altert" und „abbaureif" werden kann. Die langsam fortschreitende Resorption pulpatoter Zähne ohne Einschmelzung des Knochens kann seiner Ansicht nach auch nicht anders, als durch die Abbaureife der Hartsubstanzen erklärt werden, wie er sie an den Wurzeln von Logan- und Richmondkronen beobachten konnte. Autolytische Zerfallsprodukte sollen dazu Veranlassung geben, die durch Dentin und Zement hindurchdiffundieren. Man kann aber nicht ohne weiteres einen pulpatoten Zahn als der Autolyse verfallen bezeichnen, obschon das natürlich auch eintreten kann. Westin zeigt, daß trotz des Absterbens und Veränderns der Pulpa im Dentin bei Skorbut ein Umbau und Abbau vor sich gehen kann. Er stützt sich dabei auf die Knochentheorie von Häggquist, der den Knochen als Syncytium von zusammenhängender Protoplasmamasse auffaßt. Das Ektoplasma enthält Kollagen und Kalksalze, während das Endoplasma die Kerne umgibt und die Knochenzellen bildet. Diese stehen untereinander in Verbindung durch Ausläufer. Die Dentinkanälchen und ihr Inhalt stehen nach den Forschungsergebnissen Westins in direkter Verbindung mit den Zementzellen und darüber hinaus mit dem Periodontium und Knochen. Knochenbildung und Knochenabbau sind für Häggquist nichts anderes als protoplasmatische Stoffwechselprozesse von gleichwertigem Charakter. Westin überträgt die Lehre Häggquist's auf das Dentalorgan. Er räumt den Odontoblasten eine andere Stellung ein und läßt den Abbau nur durch das Protoplasma gelten.

„Das Dentin wird durch Auslösung von Kalk und Kollagen aus dem Exoplasma aufgelöst."

„Die ganze Auflösung vollzieht sich durch die Aktivität des Dentin-Protoplasmas selbst, ohne Gegenwart der Pulpa."

Nach Westin besitzen wir im Dentin ein kollagen- und kalkführendes Protoplasma exoplasmatischer Art, sowie ein unverkalktes Protoplasma endoplasmatischer Art; letzteres führt als ein Kanalnetz zu den endoplasmatischen Gebieten um die

Kerne der Odontoblasten. Im Schmelz haben wir nach Westins Untersuchungen ein kalkführendes Protoplasma und ein wenig kalkführendes Exoplasma und letzteres bildet das Kanalsystem des Schmelzes. Die Kanalsysteme von Schmelz, Dentin, Zement, Periodontium und Knochen sollen zusammenhängen und, wie schon gesagt, den Abbau der Hartsubstanzen auf protoplasmatischem Weg vornehmen, wie Westin an Hand zahlreicher mikrophotographischer Aufnahmen nachweist. Der Zahn kann also verglichen werden mit einer Art kommunizierender Röhren, deren Ausläufer sogar bis in den Schmelz hineinragen. (Natürlich nur, wenn man die Knochentheorie von Häggquist zu Grunde legt.) An der Schmelzdentingrenze soll es sogar zu einem Abbau von Dentin und einem Anbau von schmelz-dentinoidem Gewebe kommen. Faßt man also den Zahn als Protoplasmasyncytium auf, braucht man nicht notwendig anzunehmen, daß das Dentin und vielleicht auch der Schmelz, weil der Zahn keine Pulpa mehr hat, „nekrotisch" werden, wie Weber es annimmt. Daß dieses Protoplasma auch auf dieselben Reize reagiert wie Säure, Druck, Bakterien beweist Westin in seinen Ausführungen über die Karies, die er als eine Ostitis auffaßt. Dadurch kann es aber zu einer Nekrotisierung und Schädigung des Protoplasmas kommen. Daß sowohl bei der Theorie nach Liesegang wie auch nach Westin-Häggquist-Höjer ein Stoffwechsel und Stoffaustausch und damit ein Abbau, wie ihn Weber angibt, sich an der Wurzel deutlicher bemerkbar macht als an der Krone, erklärt sich, wie wir gehört haben, dadurch, daß hier das Kanalsystem des Zahnes sofort in das des Periodontiums und des Knochens übergeht.

Folgerungen aus dem strukturellen, chemisch-mineralischen und protoplasmatischen Um- und Abbau.

Adloff schreibt:

„Es wäre wohl vorstellbar, daß auch die feineren Strukturelemente durch äussere Einwirkungen eine Umgruppierung im Sinne einer funktionellen Anpassung an dieselbe erfahren könnte."

Es erscheint hier undenkbar, daß ein Organ mit dieser zweckmäßig gebauten komplizierten Innenstruktur als ein starer Körper gelten soll, dem jede Veränderungsmöglichkeit fehlt, vielmehr scheint die Annahme einer gewissen Plastizität viel wahrscheinlicher. Daß selbst Körper, die für ganz starr angesehen werden, Formveränderungen erfahren, zeigt ein Beispiel von Ryder:

„That a brittle inflexible substance like marble, when in the form of thin, rectangular slabs may be bent by the force of gravity acting upon it persistently whilst lying horizontaly for a long time and only supported at two of its corners diagonaly opposite each other, is proved by an old marble gravestone very much bent fromm this cause and now belonging to the Academy. This phenomenon it seems to me is no harder to explain than the morphological phenomena presented by the teeth of mammals; for my part, I believe that both the phenomena in question, will most probably bear a similar interpretation."

Wenn also Marmor schon der Wirkung der Schwere nachgibt, sollte da lebende Substanz wie sie zu mindest das Dentin darstellt, unveränderlich sein?

Die Zahnwurzeln passen sich auch ontogenetisch der Funktion an.

An dieser Stelle meiner Arbeit trifft sich Postulat und Empirie. Daß sich der Zahn ontogenetisch verkleinert, müssen wir postulieren aus den Veränderungen, die er im Laufe des Lebens erleidet hinsichtlich seiner Struktur, seiner chemischen Zusammensetzung, durch Vergleiche mit Substanzen, die von ähnlicher Beschaffenheit sind und unter gleichen Bedingungen stehen Auch der Vergleich mit der senilen Athrophie des Knochens ist nicht anders zu werten. Postulierend ist es auch noch, wenn Adloff die Möglichkeit anerkennt, „daß auch die Zähne während des individuellen Lebens ganz unmerkliche Veränderungen erfahren können." Daß aber eine Verkleinerung wirklich eintritt, habe ich schon bei der Beschreibung der Einwirkung

von endokrinen Drüsen erwähnt. Auch dort trat intra vitam ein Kleinerwerden namentlich der Zahnwurzeln auf. Balters nimmt eine Aenderung der Achse der Wurzeln im Leben an. Türkheim gibt an, daß der Dentinkern bei einem „toten Zahn" schrumpft und führt darauf die Schmelzdefekte zurück. Adloff beschreibt in der Dtsch. Monatsschrift f. Zahnheilkunde einen Fall, wo durch mechanische Einwirkung, durch Pressung der Zähne aneinander eine Gestaltsveränderung der beiden betroffenen Zähne eingetreten zu sein schien. Er führt diese Veränderungen des Zahnes auf den Kaudruck zurück und, wie aus meinen Ausführungen ersichtlich, unterliegen namentlich die Wurzeln, die den Kaudruck aufzunehmen haben, mit Weber zu sprechen, einer „Dekompensation" d. i. ein physiologisches Kleinerwerden. Während Weber aber nur „einen qualitativen und quantitativen Abbau" des organischen Teiles der Hartsubstanzen annimmt, kann ich nun nach meinen Darlegungen ergänzen, daß auch der anorganische Teil der Hartsubstanzen einem „Abbau" unterliegt. Bei Blindmäusen beschreibt des öfteren Méhely, „daß dieser oder jener Molar in der Jugend noch entschieden dreiwurzelig sei, daß aber später eine Verwachsung von Wurzeln und eine Resorption der Scheidewände der Alveole stattfindet". Balters hat auf Grund seiner jahrelangen Beobachtungen den Eindruck, als ob die Zahnwurzeln im Alter kleiner geworden wären. Untersuchungen an extrahierten Zähnen Jugendlicher (Molaren und Frontzähne) zeigten lange, kontinuierlich spitz zulaufende Wurzeln. Nach der Behandlung mit H_2O_2 waren die jugendlichen Zähne von milchigweißer Farbe. Aehnlich verhielten sich auch retinierte Zähne an ihrer Wurzel. Bei Zähnen von alten Patienten war die Form der Wurzel an der Spitze meist abgerundeter und insgesamt wirkte sie eingezogen, plumper, nicht mehr so grazil gebaut wie beim jugendlichen Zahn. Die Farbe war tiefer getönt. Bei jugendlichen Zähnen war das äussere Aussehen perlmuttartig, mit einem feinen, bei schräg auffallenden Licht, transparentartig erscheinenden Hof. Die senilen Zähne hatten ein stumpfes, getrübtes Aussehen. Die Wurzeln zeigten sich gegen durchfallendes Licht stark transparentartig verändert. Diese Veränderung nahm in manchen Fällen zwei Drittel der Wurzel ein. Wenn man bedenkt,

daß man eine Abrasio an der okklusalen Fläche, an den mesialen und distalen Seiten der Zahnkrone (Zielinski-Modus) als physiologisch betrachtet, so nimmt es nicht wunder, daß auch an der Wurzel und namentlich an der Wurzelspitze eine „Assimilation„ an die veränderten funktionellen Bedingungen während des Alterns stattfinden muß, wenn sich nicht Störungen am Paradentium geltend machen sollen.

Türkheim schreibt hierzu:

„Unter den lokalen Ursachen der Alveolarpyorrhoe kommt bekanntlich ein zwischen Zahnkrone und Zahnwurzel bestehendes Mißverhältnis, welches notwendigerweise dann zur Erkrankung des Befestigungsapparates führen muß, ziemlich häufig in Betracht."

Es scheint daher notwendig, daß Kronenlänge und Wurzellänge in einem statisch günstiegn Verhältnis zueinander stehen. H.G. Meyer gibt an, daß nach seinen Untersuchungen die Proportion

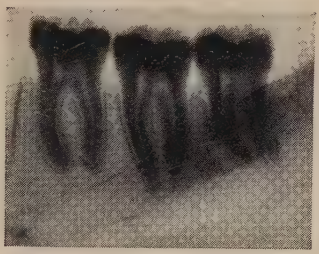
Kronenlänge : Wurzellänge = 1 : 2

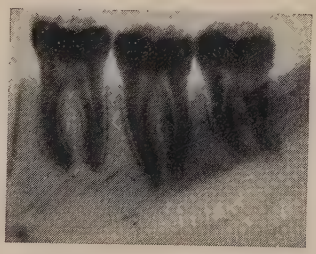
als das statisch günstigste Verhältnis am Zahn anzusehen ist. Bezüglich der Wurzelform wies Jansen darauf hin, daß keilförmige Wurzeln ungünstige Druckverteilung im Zahnbett und bei Lockerung Begünstigung des Ausfalls bedingen. Die tonnenförmige Wurzel soll für den Halt des Zahnes in der Alveole vorteilhafter sein. Man wäre nun geneigt, die jugendliche lange Wurzel als unphysiologisch zu betrachten. Beim Jugendlichen ist aber die Mineralisation von Kiefer und Zahn noch nicht soweit fortgeschritten; beide sind daher noch sehr elastisch, und es kann so eine Kompensation der Keilwirkung an Zahn und Kiefer auftreten. Im Alter tritt eine stärkere Mineralisation in Zahn und Kiefer ein. Dadurch wird ihre Elastizität weitgehend eingeschränkt, wie ja die Knochenbrüche und Frakturen bei Zahnextraktionen alter Leute hinreichend beweiweisen.

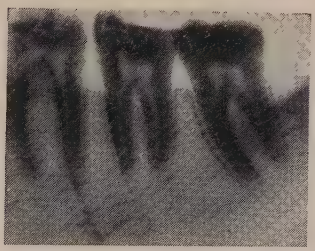
„Physikalisch betrachtet zeigt das Knochengewebe eine größere Elastizität, hat aber im Vergleich zu dieser nur eine geringe Dehnbarkeit und eine geringe Kompressibilität, die umso geringer ist, je mehr Kalksalze in dem Gewebe eingelagert sind, also je größer seine Härte ist. (O. Walkhoff)".

Bis zu diesem Zeitpunkt müssen sich also die Zähne umgebaut und verkleinert haben. Weski hat auf ein Phänomen am ersten Molaren hingewiesen, daß Balters später bestätigen konnte. Bei Röntgenaufnahmen sieht man häufig die ersten Molaren mit stark verkürzter Wurzel zwischen ihren Nachbarn stehen. An macerierten Schädeln gelang es mir, diese Erscheinung im Röntgenbild festzuhalten. Da bei der Röntgenaufnahme im Oberkiefer durch die Knickung des Filmes Verprojizierungen und Aufeinanderlagerungen der Wurzeln stattfanden, begnügte ich mich mit der Wiedergabe des Unterkiefers. Die Verkürzung der Wurzeln wird noch verstärkt, wenn man bedenkt, daß im Gebiete des ersten Molaren und zweiten Prämolaren im Unterkiefer meistens die tiefste Stelle der Spee'schen Kurve liegt. Die eben genannten Zähne müßten also eigentlich noch über das Niveau der übrigen mit ihren Wurzelenden herausragen. Man geht wohl nicht fehl, wenn man diese Wurzelverkleinerung mit der Funktion des 6-Jahrmolaren in Beziehung bringt. Während des ganzen Zahnwechsels trägt gerade dieser Zahn den Hauptteil der ganzen Kaufunktion. Daß bei diesem Phänomen die Funktion maßgebend beteiligt sein muß, zeigt ein weiterer Fall an einem negerförmigen Schädel. Von der vorgefundenen Abrasio des Unterkiefers war ganz besonders stark der zweite Molar befallen. Im Röntgenbild sah man eine Verkürzung der Wurzeln dieses Molaren im Verhältnis zu ihren Nachbarn, die keine so starke Abrasio aufwiesen. In der Monographie von Hans Virchow sind die Röntgenaufnahmen über den Ehringsdorfer Kiefer (aufgenommen von Dieck) veröffentlicht worden. Auch an diesen Bildern findet man bei starker Abrasio des ersten Molaren ebenfalls eine deutliche Verkürzung der Wurzeln im Vergleiche zu den Nachbarzähnen. An weiteren zahlreichen Röntgenbildern konnte ich ebenfalls eine Verkürzung der Wurzeln von solchen Zähnen feststellen, die stark in Funktion standen.

Die rechnerische Auswertung erfolgte folgender Weise: An einer Vergrößerung der Röntgenbilder (6 x 9) wurden die Wurzeln mit Zirkel und Lineal ausgemessen und die errechneten Werte verglichen. Auch die Wurzelkrümmungen wurden berücksichtigt. Die Messungen reichten vom Apex bis zur Bifur-







kationsstelle. Durch die Vergrösserung wurde erreicht, daß 1. der Periodontalspalt abgegrenzt werden konnte, 2. daß Fehler, die beim Abgreifen der Strecken mit dem Zirkel entstehen konnten, bei der Vergrösserung nicht berücksichtigt werden brauchten. Es wäre wünschenswert, wenn derartige Untersuchungen an einem noch grösseren Material vorgenommen würden, und wenn dann auch die Schädelform, Kiefergröße, Artikulationsverhältnisse und Belastungsrichtung der Zähne in den Kreis der Betrachtung gezogen würden.

Wie ich schon dargelegt habe, trifft diese Verkürzung nicht nur für den ersten Molaren zu, sondern kann bei denselben Voraussetzungen für jeden anderen Zahn zutreffen. Diesen Beweis führte ich an Hand von zahlreich anamnestisch ausgewerteten Fällen, wo die Zähne später extrahiert wurden. In der zahnärztlichen Orthopädie führten die Untersuchungen von Ketcham zu der grundsätzlichen Anwendung von nur „physiologischen" Kräften und der vollständigen Ablehnung stärkerer maschineller Kräfte. Denn auch hier zeigte sich, daß die Wurzelverkürzung an den Zahnwurzeln prozentual mit der angewandten Kraftstärke anwuchs. Die Tabelle von Ketcham zeigt:

Art der Apparate	Wurzelveränderungen in %
Röhrchenspornapparate	29,9 %
Bandbogen	35,7 %
Angle-Bogen mit Ligaturen	10,0 %
Mershon-Lingualbogen	2.5 %

Die 500 Fälle von Ketcham, die Korkhaus als eine für europäische Verhältnisse ungeheure Zahl hinstellt, zeigen, daß nicht nur die okklusale funktionelle Belastung zu einer Wurzelverkleinerung führt, sondern jede die Zahnkrone treffende Kraft zu derartigen Veränderungen an der Wurzel führen kann.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß auch ontogenetisch eine Wurzelverkleinerung einzutreten scheint. Daß

ätiologische Moment hierzu dürfte in der Funktion zu suchen sein. Anscheinend entspricht auch einer physiologischen, okklusalen Abrasio eine Wurzelverkürzung; der Organismus paßt sich wie überall im Knochensystem durch Abbau und Umbau den neuen statischen Verhältnissen an.

Können ontogenetisch erworbene Abänderungen phylogenetisch in Erscheinung treten.

Wenn also eine ontogenetische Beeinflussung der Zahnform vorliegt durch die Funktion u. a., so wäre noch zu untersuchen, ob „Vererbung der erworbenen Abänderungen" vielleicht phylogenetisch zur Wirkung gelangt. Die Vererbungsforscher stehen im allgemeinen auf dem Standpunkt, daß eine Vererbung erworbener Eigenschaften nicht stattfindet. Adloff schreibt hierzu wie folgt:

„Eine Ablehnung der Vererbung erworbener Eigenschaften bedeutet meines Erachtens einen Verzicht auf die Annahme einer natürlichen Entwicklung."

Adloff nimmt an, daß die in vorigen Generationen erworbenen Abänderungen „manifest werden".

Brehm schreibt:

„Auch das Gebiß des Säugers in seiner verschiedenen Ausbildung ist das Ergebnis der beiden Grundkräfte, die in der Lebewelt einander entgegenwirken, der Vererbung und der Anpassung."

Er nimmt an, daß das Milchgebiß mehr „das Ererbte" zeigt, das bleibende Gebiß mehr der „Lebensarbeit" entspricht.

Zusammenfassung.

Uebersieht man die durch Beispiele belegten Tatsachen, so findet man, daß eine Unmenge von verschiedenen Einflüssen auf den Zahn einwirken. Von phylogenetischen Umformungs- und Reduktionserscheinungen kam ich auf den ontogenetischen Abbau- und Umbauprozeß zu sprechen, der in situ ein Kleiner-

werden des Zahnes mit sich bringt. Maßgebend für alle Einflüsse war in überragendem Sinne die Funktion. Daneben spielen Einflüsse der Umwelt, der Rasse, des Erbes und hormonale Einflüsse eine Rolle.

Im phylogenetischen Teil meiner Arbeit führte ich aus:

1. Die Größe und Form des Zahnes und seiner Wurzel werden durch die Funktion stark beeinflußt.
2. Bei verminderter Funktion soll eine Reduktion d. i. Verminderung der Zahl und Größe der Zähne eintreten (Walkhoff).
3. Die Richtung der Wurzeln, ihre Form und ihr Verlauf werden ebenfalls durch die Funktion beeinflußt. An extrahierten Zähnen, (oberen ersten Molaren), deren Kauflächenbild auf einen erhöhten Gebrauch schließen läßt, konnte ich ein Gespreiztsein der Wurzeln feststellen; bei Höckerzähnen älterer Individuen mit vermindertem Gebrauch war meist eine Verkrümmung der Wurzelspitze zueinander festzustellen.
4. Die Stärke des processus alveolaris des Kiefers und darüber hinaus die architektonische Struktur des gesamten Gesichtsschädels haben je nach dem Grade der Ausbildung auf Grösse und Spreizung der Wurzeln des Zahnes einen nicht zu unterschätzenden Einfluß.
5. Die Einflüsse von Umwelt, Erbe und Rasse bewirken teils eine vergrößernde, teils eine verkleinernde Wirkung auf den Zahn; im letzten Falle liegen meist regressive Tendenzen schon vor. Die Einflüsse der genannten Faktoren werden durch den Umweltfaktor der Funktion stark überschattet und verwischt.

Im ontogenetischen Teil führte ich aus:

1. Einen ungeheuren Einfluß auf die Zahngröße hat das innersekretorische System. Es findet namentlich eine Verkleinerung der Wurzel statt, von kleinsten Abweichungen bis zu schwersten Störungen in Form und im Aufbau. Die Veränderungen sind meist irreparabel.

2. Falsche Ernährung, Mangel an Vitaminen und Mineralien, Uebersäurungen des Organismus geben zu Abbauerscheinungen am und im Zahn Anlaß, die ebenfalls zu einer Verkleinerung führen. Diese Schäden sind bei frühzeitigem Umstellen der Nahrungszusammensetzung reparabel.

Im weiteren versuchte ich an Hand der Literatur die Umbau- und Abbauvorgänge im Schmelz und Dentin zu erfassen und zu deuten.

1. Durch die Funktion wird der Schmelz nach Retterer dichter; während Grasset ein Anpassen der Schmelzprismen an die Funktion annimmt.
2. Im Dentin findet ein Anbau von Sekundärdentin statt als Zeichen der funktionellen Belastung und anderer äusserer Reize.
3. Der Anbau von Sekundärdentin im Pulpenkavum sistiert, da bei Durchbiegung des behöckerten Zahnes innere Schubspannungen in der Höhe des Kavums entstehen. Bei dem Abrasiozahn ist die physiologische Durchbiegung stark herabgesetzt.
4. Die Dentinlamellen — wahrscheinlich infolge der Funktion — gehen aus der „jugendlichen Schräglage in den älteren Lebensjahren in einen reinen Längsverlauf über (Brodersen)".
5. Bezüglich der mineralisch-chemischen Bestandteile der Zahnsubstanzen findet (nach Gerlach u. a.) eine höhere Einlagerung im Kronenteil gegenüber der Wurzel statt; jugendliche Zähne hatten einen anderen Substanzaufbau als die Zähne älterer Individuen.
6. Die neueren Untersuchungen über den Gehalt des Dentins und Schmelzes an organischer Substanz liegen nach exakten, moderneren Messungen weit über denen, die man noch vor einem Jahrzehnt anzunehmen pflegte:
   Oppenheim: Dentin 25% Schmelz 6%
   Thewills: Dentin 40% Schmelz 15%.
   Bei Fehlern in der Struktur scheint noch eine Erhöhung des organischen Anteils einzutreten. Ob der Schmelz bei derartig hohem Prozentsatz an organischer Substanz als tot

anzusehen ist, erscheint sehr zweifelhaft.

7. Für den Abbau in der feineren Struktur glaubt man, kleine örtliche Acidosen, die durch Druck erzeugt werden, und Abbaufermente verantwortlich machen zu können.
8. Die abbauenden Elemente werden auf dem Kanalsystem in den Zahn gebracht. Während nach Westin das Protoplasmasyncytium die Kanalwandungen abbaut (einschließlich des Schmelzes), nehmen Weber eine Diffusion und Liesegang eine Ultrafiltration in den nicht zellulären Bestandteilen des Zahnes an.
9. Westin nimmt ein Schrumpfen des Dentins und ein Nachwachsen des Schmelzes an.
10. Kronenlänge und Wurzellänge müssen in einem bestimmten Proportionsverhältnis stehen (1 : 2). Physiologische Abrasio im Kronenteil muß zu einer „Assimilation" an der Zahnwurzel führen, damit die statischen Verhältnisse an dieser Stelle gewahrt bleiben.
11. Die Wurzelform bei senilen Zähnen ist nicht mehr so grazil wie bei Jugendlichen.

Ich bin mir am Ende der Arbeit bewußt, daß Phylogenie und ontogenetische Veränderungen schlecht zu trennen sind, da wir ja in jedem Zahn den Einfluß beider Entwicklungstendenzen vor uns haben.

Aus dem Verlauf der Arbeit geht hervor, „daß sich die Wurzeln der Zähne entschieden rascher an die veränderten Lebensbedingungen anpassen, als z. B. die Zahnkrone" (M. Lajos).

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Balters, danke ich für die Ueberlassung des Themas, für die Mühewaltungen und Anregungen, die er mir bei der Bearbeitung hat angedeihen lassen.

Herrn Professor Dr. med. Wagenseil danke ich ergebenst für die Ueberlassungen aus der Schädelsammlung des anatomischen Institutes Bonn.

Den Herren der Bonner Schulzahnklinik, vor allem Herrn Dr. Schumacher danke ich für die Ueberlassung jugendlicher, extrahierter, erster Molaren.

Schrifttum.

Adloff, P.: 1. Das Gebiß der Menschen und der Anthropomorphen. Berlin 1908.

Adloff, P.: 2. Die Entwicklung des Zahnsystems der Säugetiere und der Menschen. Meusser Berlin 1916.

Adloff, P.: 3. Die Zweckmäßigkeit des Gebisses. Deutsche Vierteljahresschrift f. Zahnheilkunde 1921.

Andreescu: Ueber den augenblicklichen Stand der Entwicklung des menschlichen Gebisses im Lichte der anthropologischen Forschung. Med. Diss. Berlin 1933.

Bacherer: In: Zahnveränderungen bei Störungen der inneren Sekretion. E. Motteck. Med. Diss. Berlin 1928.

Balters: In: Bedeutung der Funktion für den Bestand der Zähne. Bericht über die Tagung der deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1936. Autoreferat. D. Z. W. 6. 11. 1936.

Benninghoff: Ueber Leitsysteme der Knochenkompakta. Gegenbauer Morphologisches Jahrbuch 65. 1931.

Berg, Ragnar: Ernährungs- und Kariesprophylaxe mit besonderer Berücksichtigung der Mineralsalze. Bericht über die Tagung der Deutschen Gesellschaft f. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. D. Z. W. 10. 1936.

Bergmann: In: Zähne und Kiefer bei den verschiedensten Konstitutionstypen insbesondere leptosomen Astenikern. Med. Diss. Bonn 1932 Wix.

Biedel: Zahnsystem und innere Sekretion. Korrespondenzblatt f. Zahnärzte 1931.

Black/Bödeker: In: Ueber die Entstehung des sichelförmigen Defektes. Med. Diss. Bonn 1936 Fornier.

Brodersen: Die Umschichtung der Zahnbeinlamellen und Umbauten am tuberculum dentale. Gegenbauer Morphologisches Jahrbuch 65. 1931.

Brehm: Tierleben. Säugetiere. Bd. I.

Branco: Die menschenähnlichen Zähne aus dem Bohnerz der schwäbischen Alp. Teil 2. Art und Ursache der Reduktion des Gebisses bei Säugern. Programm der

Württembergischen landwirtschaftlichen Akademie Hohenheim-Stuttgart 1897.

Byrons: In: Zahnveränderungen bei Störungen der inneren Sekretion. Med. Diss. Berlin 1928. E. Mottek.

Cope: In: Ueber die Entstehung der Zahnform. Adloff. D.Z.R. 1936 Nr. 38.

Cieszynski: Die Morphogenese der einzelnen Zähne, ein Resultat der Funktion im Lichte statischer Erwähnungen. (Auszug). Polsca Stomatologia. 1935. Nr. 10.

Citron: Zur Frage der internistischen Aetiologie der Paradentose. D. Z. R. 1928.

Dreier, M.: Untersuchungen über die Zahn- und Mundverhältnisse während der Gravidität. Med. Diss. Leipzig 1932.

Drackery: In: Mineralisation und Remineralisation im Zahnbein. Liesegang. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1936.

Dorlöchter, H.: Die Wirkung des Zahnzementes auf die Wundheilung bei der Pulpa-, und Periodontalbehandlung. Med. Diss. Bonn 1936.

Euler: Die Entwicklung der Karies im heutigen Schlesien im Verlauf von 4 Jahrtausenden. D. Z. W. 1936 Nr. 51.

Ebner: v.: Histologie der Zähne. Handbuch der Zahnheilkunde. 1908 Bd. I.

Fabian: 1. Spezielle Anatomie des Gebisses. Klinkhardt, Leipzig 1928.

Fabian: 2. Merkmale und Grenzen in der Domestikationsfrage am Gebiß. Dtsch. Zahnheilkunde 1931-1933.

Fornier: Ueber die Ursachen und die Entstehung des sichelförmigen Defektes. Med. Diss. Bonn 1936.

Gadiel: Krankheitserscheinungen des Diabetes im Mund und an den Zähnen. Med. Diss. Bonn 1936, Breslau 1926.

Grassmann: In: Oppenheimers Handbuch der Zahnheilkunde.

Gebhardt: Ueber den funktionellen Bau einiger Zähne. Archiv f. d. Entwicklungsgeschichte der Organismen.

Geiger, Jul.: Rachitis und ihre Folgen für das Zahnkiefersystem. Med. Diss. Würzburg 1934.

Gerlach: Die Kalziumverteilung im Zahnbein und ihre Ver-

schiebung im zunehmenden Alter. Gegenbauer. Morphologisches Jahrbuch. Nr. 65. 1931.

Gottlieb: 1. Histologischer Befund an umgelegten Zähnen. Zeitschrift f. Stomatologie. 1921, Heft 1.

Gottlieb: 2. Die Paradentalpyorrhoe der Rattenmolaren. Dtsch. Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde 1922, Heft 3.

Grasset: Recherches sur 1. distribut mathematique des prismes de l'email dentaire. Internationale Ztschr. f. Anatomie und Physiologie Bd. VIII. (Auszug).

Grunert: Ueber Krankheitserscheinungen des Diabetes mellitus in der Mundhöhle. Berlin 1899.

Häupl-Lang: Marginale Paradentitis. Berlin: Staatsbibliothek.

Heckel: In: Zahnveränderungen bei Störungen der inneren Sekretion. E. Mottek. Med. Diss. Leipzig / Berlin 1928.

Hexheimer: In: Ueber Gebißuntersuchungen an Anthropomorphen. Train. P., Med. Diss. Leipzig 1934.

Höjer: In: Beiträge zur Kenntnis des Hartsubstanzumbaues im Zahn- und Kieferknochen unter besonderer Berücksichtigung der Histopatologie und Aetiologie der Karies. Gösta Westin.

Häggquist: 1. Vergleiche Westin.

Häggquist: 2. Uebersetzung: Sv. Tandl. Tidskr. 1926.

Hiroshi, Imamura: Uebersetzung: Ueber den Einfluß von Wasserüberfütterung auf die Zahnentwicklung des Kaninchens. Shikwa Gakuho, Tokio 1931 Nr. 6.

Jansen: Inwieweit begünstigen die anatomischen Verhältnisse im Molarenbereich der Kiefer das Zustandekommen von Zahnbetterkrankungen. Med. Diss. Bonn 1933.

Kranz: Klinische Zahnheilkunde (Lehrbuch).

Ketcham: In: Moderne orthodontische Therapie. G. Korkhaus.

Kölliker: 1. Handbuch der Gewebelehre. 6. Aufl. Bd. II.

Kölliker: 2. Die normale Resorption des Knochengewebes. Leipzig 1872.

Korkhaus, G.: 1. Die Zahnkaries und ihre Vererbung. D. Z. W. 1929 Nr. 23.

Korkhaus, G.: 2. Vererbung von Kronenform und Größe menschlicher Zähne. Ztschr. f. Anatomie. I. 91, 1930. Heft 5 und 6.

Korkhaus, G.: 3. Moderne orthodontische Therapie.

Kühns: In: Oppenheimers Handbuch der Zahnheilkunde.

Kaushansky: Chemical analyses of teeft, roots and crows affected by pyorrhoid alveol. and dental caries. Dental Cosmos 72 (1930), 74 (1932).

Liesegang: Mineralisation und Remineralisation im Zahn. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1936.

Lajos, M.: Ueber den augenblicklichen Stand der Entwicklung des menschlichen Gebisses im Lichte der anthropologischen Forschung. Med. Diss. Leipzig. Hecht-Andreescu.

Loos, O.: Längerwerden der Zähne bei Fehlen der Antagonisten. Eine histologische Studie. Straßburg 1909.

Meyer, Heinz: Inwieweit sind wir berechtigt, die beim Karolyi schen Knirscheffekt aufkommende Ueberbelastung als ätiologischen Faktor anzusehen? Med. Diss. Bonn 1932.

Méhely: Species generis spalax. Teubner Leipzig 1913.

Mühlenreiter: Das menschliche Gebiß.

Mellenbey, May: Der Ernährungsfaktor in der Kariesprophylaxe. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Bd. IV. Heft 1.

Misch: Fortschritte der Zahnheilkunde 1925-1933.

Mottek: Zahnveränderungen bei Störungen der inneren Sekretion. Med. Diss. Berlin 1928.

Nelle: Die Beschaffenheit des Gebisses bei kongenitalem Myxödem. Dtsch. Monatsschrft. f. Zahnheilk. 1922, Heft 2.

Oppenheimer: Oppenheimers Handbuch der Zahnheilkunde.

Owens: In: Altersveränderungen am Zahnbein. Die Umschichtungen der Zahnbeinlamellen und Umbauten am tuberculum dentale. Brodersen-Kiel.

Pommer: In: Walkhoff.

Ryder: In: Die Zweckmäßigkeit des Gebisses. Adloff. Dtsch. Vierteljahresschrift f. Zahnheilkunde 1921.

Reich, P.: Das irreguläre Dentin der Gebrauchsperiode. Med. Habil. Diss. Marburg 1906.

Retterer: Ueber die äussere Schicht, Schmelz, Proemail, knöcherne Kortikalis der einfachen Zähne. La Semaine dentaire 1927 und Dtsch. Monatsschrift f. Zahnheilkunde 1927.

Richter: Ueber Ritz- und Kugeldruckhärten der Zahnsubstanzen, ein kritischer Vergleich. Oesterreich. Zeitschr. f. Stomatologie. 1931.

Röse: Ueber die Rückbildung der seitlichen Schneidezähne des Oberkiefers und der Weisheitszähne im menschlichen Gebiß. Dtsch. Monatsschrf. f. Zahnheilkunde 1906.

Roux: Vergl. Walkhoff.

Schulte-Vogelheim: Einfluß der Ernährung auf die Zähne. Med. Diss. Heidelberg 1933.

Spring: In: Mineralisation im Zahn. Autoreferat. Liesegang.

Talbot: Ueber den augenblicklichen Entwicklungsstand des menschlichen Gebisses im Lichte der anthropologischen Forschung. Hecht-Andreescu. Med. Diss. Leipzig 1933.

Türkheim, H.: Die Ernährung und physikalische Chemie des Schmelzes. Dtsch. Vierteljahrsschr. f. Zahnheilkunde.

Thewills: The structure of teeft. Brit. dent. Journal 1923, 63/1, S. 655 ff.

Warburg: In: Mineralisation und Remineralisation am Zahn. v. Liesegang. Autoreferat.

Walkhoff: 1. Ueber die Natur der Gewebsveränderungen bei orthodontischen Maßnahmen. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1936.

Walkhoff: 2. Einfluß der Vitamine insbesondere des Vitamin C auf den Zahn.

Weber, v.: Experimentelle Untersuchungen über die Stellung des Zahnes im Kiefer. I, II, III, Mitteilg. Dtsch. Monatsschrift f. Zahnheilkunde 49.

Wedel, v.: Angeführt in Reich.

Westin, Gösta: 1. Skorbut bei Homo. I. und II. Teil.

Westin, Gösta: 2. Beiträge zur Kenntnis des Hartsubstanzumbaues im Zahn und Kieferknochen unter besonderer Berücksichtigung der Histopathologie und Aetiologie der Karies.

Zscherlich, M.: Histologische Untersuchungen an Abrasionszähnen. Med. Diss Leipzig 1934.

Virchow u. Diek: In: Virchows Monographie. Vergl. Weski.

Weski: In: Röntgenanatomie des Schädels, der Kiefer und der Zähne. Berlinische Verlagsanstalt 1936.

Weski: 2. Anhang II. Teil zur Röntgenanatomie. D.Z.R. 1934, Nr. 47.

Proell: Klima und Zivilisation in ihrer Auswirkung auf Körper und Zähne. Berlin 1934.

Lebenslauf.

Ich, Reinhold Dorlöchter, wurde am 29. Mai 1909 zu Gelsenkirchen als Sohn des Dentisten Leo-Josef Dorlöchter und seiner Ehefrau Franziska Münstermann-Unger geboren. Nach dem Besuch der Volksschule kam ich auf das Gymnasium zu Gelsenkirchen-Schalke, das ich bis zum Ende der Unter-Sekunda besuchte. Später trat ich in die elterliche Praxis ein. Nach Besuch der Höheren Abendschule zu Gelsenkirchen legte ich am 7. April 1933 vor dem Provinzial-Schulkollegium zu Münster in Westfalen die Reifeprüfung als Extraneer ab.

Vom Sommersemester 1933 bis zum Ende des Wintersemesters 1936/37 besuchte ich die Universität zu Bonn am Rhein. Am 9. März 1935 bestand ich dort mein Physikum und am 14. Oktober 1936 mein Staatsexamen, beide mit dem Prädikat „sehr gut". Mit vorliegender Arbeit beschäftigte ich mich seit dem Sommersemester 1936.